

A szolonyec talajok kémiai tulajdonságai és meghatározásuk módszerei

DARAB KATALIN és RÉDLY LÁSZLÓNÉ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A szolonyec talajok osztályozása morfológiai tulajdonságaikon alapul /SZABOLCS, 1954, 1979/. A legfontosabb diagnosztikai tulajdonságok: az oszlopos és/vagy prizmás szerkezetű tömör felhalmozódási szint jelenléte, valamint a felette levő kilúgzási A-szint vastagsága /SZABOLCS, 1954, 1974/.

A felhalmozódási szint fizikai tulajdonságait az agyagfrakció felhalmozódása, a kolloid részecskék nagy diszperzitása és duzzadó képessége határozza meg. A diszperz és duzzadó agyagfrakció az oka a rossz vízgazdálkodású felhalmozódási szint tipikus szerkezete kialakulásának /SZABOLCS, 1969/. E szintben a vízmozgás igen lassú, a víz beszívargásának sebessége kicsi, a szint gyakorlatilag vízátnemeresztő. A szolonyec talajok felhalmozódási szintjében a víz korlátozott mozgékonyasága határt szab a növények vízfelvételeknek, csökkentve ezáltal a talaj termékenységét. Ezt a jelenséget gyakran nevezik fizikai szárazságnak, megkülönböztetve a sós talajoldat megnövekedett ozmózis nyomása által előidézett fiziológiai szárazságtól.

A szolonyec talajok képződését, oszlopos, vízátnemeresztő felhalmozódási szintjének kialakulását a nátriumvegyületek felhalmozódásával és részleges kilúgzásával /GEDROIC, 1922; KELLEY, 1948/, a megnövekedett ionkoncentrációjú - főleg nátriumsókat tartalmazó - talajoldat váltakozó irányú mozgásával, migrációjával hozzák kapcsolatba /SZABOLCS és DARAB, 1955/.

A szolonyec talajok oldható sókészlete, oldatának összes só-koncentrációja széles tartományban változik. A talajoldat sókoncentrációja gyakran nem több, mint 10-30 me/l, de néha eléri, vagy meghaladja a 300-500 me/l-t is. A talajoldat kémiai összetételét a vízben jól oldódó sók túlsúlya határozza meg és ezek aránya általában nő a talaj sókészletének, a talajoldat sókoncentrációjának és ezen belül a nátriumsók viszonylagos mennyiségének növekedésével /DARAB és FERENCZ, 1969/.

A nátriumsók relatív mennyiségét a talajoldatban, öntözővizekben és talajvizekben többnyire az összes kation egyenértékének százalékában adjuk meg és nátriumszázaléknak nevezzük. A külföldi szakirodalomban gyakori a nátrium adszorpciós arány használata, amelyet SAR-értéknek neveznek /RICHARDS, 1954/. Az SAR-érték használata elméleti talajkémiai szempontból vitatható /DARAB et al., 1980/, rendelkezik azonban néhány gyakorlati előnnyel, melyek indokolják bevezetését. Ilyen előny, hogy figyelembe veszi a kationcsere reakcióban résztvevő ionok vegyértékűségét. A talaj kicserélhető nátrium aránya /ESR/ és a vele egyensúlyt tartó talajoldat SAR értéke között elvileg lineáris össz-

szefüggés van, melynek konstansai empirikus úton meghatározhatóak. Az empirikus állandók és a talajoldat, vagy vizes talajkivonat SAR-értékének ismeretében a talaj kicserélhető nátrium-telítettség /kicserélhető Na^+/a / számítható, sőt megfelelő dimenziók alkalmazása esetén a kettő közel azonos értékű /RICHARDS, 1954; DARAB és FERENCZ, 1969/.

A talajban a sók felhalmozódásának szakaszában tehát az esetek többségében nemcsak a talajoldat SAR-értéke, hanem ezzel együtt a talajok kicserélhető nátriumionjainak mennyisége is megnő. Ennek ellentétéként a talaj nátrium-telítettség a kilúgzás során csökken a talajoldat koncentrációjának és nátrium adszorpciós arányának csökkenésével. A kationcsere-egyensúly azonban nemcsak a szilárd fázis nátrium-telítettségétől és a folyadékfázis SAR-értékétől függ, hanem azt számos egyéb tényező is befolyásolja. Ilyen tényezők:

- a folyadékfázis ionjai közötti elektrosztatikai kölcsönhatások és ezek változása a talajoldat koncentrációjának növekedésével, vagy csökkenésével /DARAB et al., 1977, 1980/;

- a kationcsere szelektivitási együtthatójának változása a folyadékfázis ionerősségének és a talaj nátrium-telítettségének függvényében /DARAB és RÉDLYNÉ, 1967/;

- az adszorpciós különböző energiájú aktív helyeihez kötődő kationok kötési energiájának eltérő volta /DARAB, 1974/;

- a sófelhalmozódás és kilúgzás során a közeg lúgosságának és a kolloid részecskék diszperzitás fokának változása.

A kilúgzás során a fenti tényezők és ezek kölcsönhatásának eredményeképpen nő az adszorpciós nátriumionnal szembeni szelektivitása, és a nátriumionok relatív mennyiségének csökkenését a talaj oldatában nem követi a kicserélhető nátriumionok mennyiségének ezzel arányos csökkenése.

Az agyagrészecskék diszperzitás foka is változik a talaj sótartalmának változásával. A talajkolloidok diszperzitási koeficiense kicsi lehet még nagy nátrium-telítettség esetén is, ha a talajoldat ionkoncentrációja jelentős. Kilúgzáskor a talaj sótartalmának csökkenésével az agyagrészecskék diszperzitása nő. A szolonyec talajok egy részében jelentős az agyagrészecskék diszperzitása még kis nátrium-telítettség mellett is, ha a talajoldat sókoncentrációja kicsi.

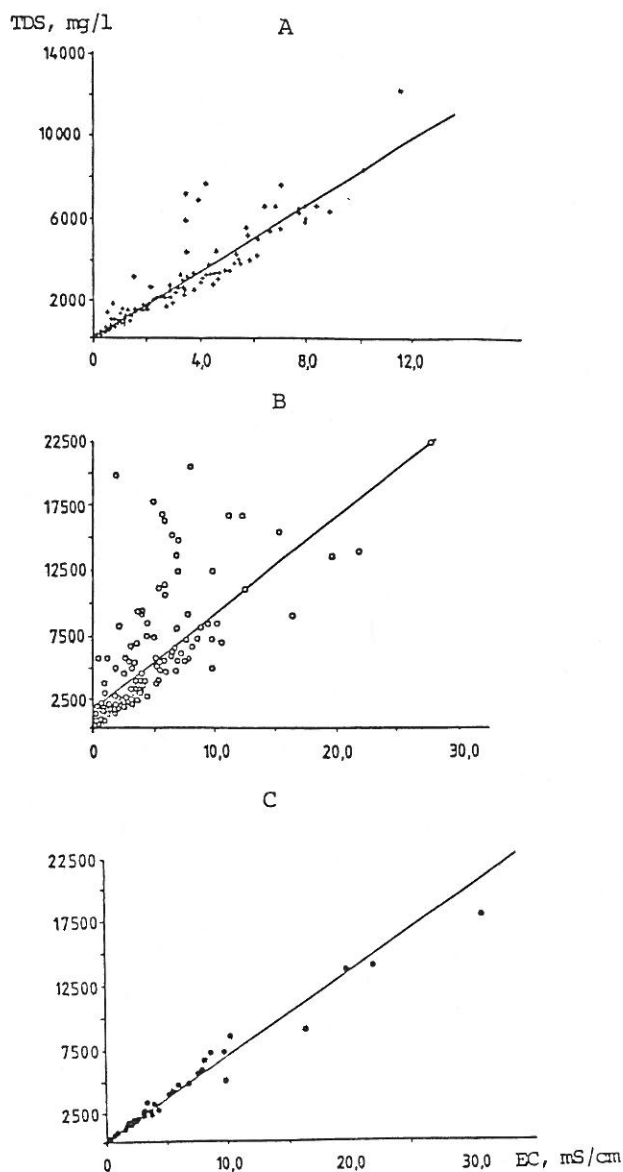
Szolonyec talajok szinonimájaként a szakirodalomban gyakran találunk a nátrium talaj /sodic soil/ elnevezéssel /BOWER, 1969/. E talaj egyik legfontosabb diagnosztikai tulajdonságának a nagy nátrium-telítettséget tekintik. Figyelembe kell azonban venni, hogy nagy nátrium-telítettségű talajok fordulhatnak elő a szolonyec talajok morfológiai sajátosságainak megjelenése nélkül /BURINGH, 1969/, vagy azok gyenge kifejtettsége mellett, és találhatunk tipikus oszlopos szerkezetű, vízátnemeresztő felhalmozódási szinttel rendelkező szolonyec talajokat, melyeknek nátrium-telítettsége kicsi /DARAB, 1980/.

A szolonyec talajok kémiai tulajdonságait

- sótartalmukkal és a felhalmozódott sók kémiai összetételével;
- a kicserélhető nátriumionok relatív mennyiségével;
- a talaj lúgosságával, valamint
- a talaj agyagrészecskéinek diszperzitásával jellemezzük.

Anyag és módszerek

A talaj oldható sókészletének vizsgálatára legáltalánosabban elterjedt módszer a képlékenység felső határáig vízzel telített talajpaszta fajlagos elektromos vezetőképességének meghatározása és a mért elektromos ve-



1. ábra

Különböző koncentrációjú és kémiai összetételű oldatok elektromos vezetőképesség /EC, mS/cm/ - sókoncentráció /TDS, mg/l/ összefüggése. A. Karbonát-hidrokarbonátos oldatok: $TDS = 113,78 + 805,6 EC$; $r^2 = 0,877$; $n_2 = 151$. B. Kevert anion összetételű sóoldatok: $TDS = 1625 + 744,6 EC$; $r^2 = 0,521$; $n = 164$. C. Kevert anion összetételű talajvizek és 1:5 arányú vizes talajkivonat: $TDS = 133,7 + 661,6 EC$; $r^2 = 0,964$; $n = 63$

zetőképeségi értékek átszámítása egyszerű összefüggéssel a g/100 g dimenzióban megadott sótartalomra. A talajoldat sókoncentrációjának jellemzésére gyakran használják a vizes talajpaszta szűrőssel, vagy centrifugálással leválasztott folyadékfázisának fajlagos elektromos vezetőképességét. Ennek az oldatnak - melyet telítési kivonatnak nevezünk - a további kémiai elemzésével meghatározzák a talaj oldható sóinak kémiai összetételét. Számítják a telítési kivonatban oldott sók relatív mennyiségét és a nátrium adszorpciós arány értékét. Az SAR-értékből közvetlenül, vagy empirikus összefüggés segítségével becsülik a talaj nátrium-telítettségét, kicserélhető nátrium-százalékát.

Vizsgáltuk a különböző koncentrációjú és kémiai összetételű természetes vizek, valamint telítési kivonatok mS/cm dimenzióban kifejezett fajlagos vezetőképessége és mg/l-ben megadott összes sókoncentrációja közötti összefüggést. A statisztikai értékelésnél különválasztottuk azokat a vizeket és kivonatok, melyekben a karbonát-hidrokarbonát-ionok koncentrációja az egyenértékben kifejezett összes anion koncentrációnak több, mint 50 %-a, ill. azokat, ahol kevesebb, mint fele volt. Az előbbieket karbonát-hidrokarbonátos oldatoknak, az utóbbiakat vegyes anion összetételű oldatoknak neveztük /1A. és 1B ábra/. A vegyes anion összetételű oldatok további vizsgálatánál figyelmen kívül hagytuk a nagy koncentrációjú, főleg szulfátokat, köztük viszonylag sok kalcium- és magnézium-szulfátot tartalmazó oldatokat. Számoltuk az elektromos vezetőképesség - sókoncentráció függvényt /1C. ábra/. A szulfátos oldatoknál - figyelembe véve azt, hogy az oldat elektromos vezetőképessége annak ionkoncentrációjával arányos - számoltuk az ionpárképződés és a Debye-Hückel kölcsönhatás figyelembevételével a "szabad" töltéssel rendelkező ionok koncentrációját és az ennek megfelelő átlagos egyenértéksúlyt /1. táblázat/.

Annak megállapítására, hogy egyébként azonos körülmények között a kilúgzottság mértéke hogyan befolyásolja a talaj nátriumionokkal szemben mutatott szelektivitását, elemeztük különböző mértékben kilúgzott szolonyec talajok telítési kivonatait és mértük ezek kicserélhető nátriumtartalmát. A szelvényeket Mezőtúr mellett, a Kőrös egyik holtágától távolodva helyeztük el. A bemutatott szelvények közül a legközelebbi 100, a legtávolabbi 600 m-re volt a Kőrös-Holtág partjától. A vizsgált szelvények között a maximális szintkülönbség egy méter volt. A vizsgálati adatokból számoltuk szelvényen-

1. táblázat

Kevert anionos összetételű sók átlagos egyenértéksúlya
/telítési talajkivonat adataiból számítva/

/1/	/2/	/3/	/4/
Telítési kivonatok száma /n/	Elektromos vezetőképesség- tartomány, mS/cm	Uralkodó anion	TDS-EC összefüggés
60	0,4-20	SO_4^{2-}	$\text{TDS}^{1/} = 1187 \text{ EC}$ $\text{TDS}^{2/} = 698 \text{ EC}$

$\text{TDS}^{1/}$: összes oldható só a mért ionkoncentrációk alapján
számítva, mg/l;

$\text{TDS}^{2/}$: az elektromosan töltött részecskefajták koncentrációja
mg/l.

2. táblázat

Különböző drénaviszonyokkal rendelkező szolonyec talajok mozgékony, kicserélhető és oldható nátriumtartalmának súlyozott átlaga

1/	2/	3/	4/	5/	6/	7/	8/	9/	10/	11/
Talajtípus	Szelvény száma	Tengerszint feletti magasság, m	Távolság a folyótól, m	Felhalmozódás mélysége, cm	Telítési kivonat max. SAR-sókoncentrációja, me/l	Mozgékony nátrium tartalom, me/100 g	Kicserélhető nátrium tartalom, me/100 g	Oldható nátrium tartalom, me/100 g	Kicserélhető nátrium tartalom, me/100 g	ESP-érték
a/ Szolonyeces réti talaj	M I.	83,5	100	80-120	54,0	12,3	3,5	1,62	2,2	7,9
b/ Közepes réti szolonyec	M IOL.	83,6	150	20-60	46,0	17,8	4,8	1,40	3,4	12,2
c/ Kérges réti szolonyec	M II.	84,5	290	10-25	65,0	1,2	5,1	1,41	3,6	17,6
d/ Közepes réti szolonyec	M III.	84,5	310	60-85	92,1	14,1	3,9	2,19	1,8	12,0
d/ Közepes réti szolonyec	M I.	84,5	250	40-60	14,2	7,6	3,96	1,06	2,7	8,2
c/ Kérges réti szolonyec	M ILO.	86,2	550	40-60	103,0	33,0	10,31	6,81	0,52	17,1
c/ Kérges réti szolonyec	K VI.	86,4	600	20-40	307,0	48,7	21,50	12,00	0,79	43,6

ként a mozgékony /izotóphígításos módszerrel meghatározott/, kicserélhető, és a telítési kivonatanban mért nátriumionok mennyiségének és a kicserélhető nátriumszázalék súlyozott átlagait. Megadtuk szelvényenként a sómaximum mélységét, a telítési kivonat maximális sókoncentrációját, a kicserélhető és oldható nátrium súlyozott átlagainak arányát, a kicserélhető nátriumszázalékot /ESP-érték/ a talajokban /2. táblázat/.

Szolonyec szelvényből természetes nedvességtartalom mellett kiszorított talajoldat és ugyanezen minták telítési kivonatainak elemzési adataiból számoltuk a nátrium adszorpciós arányt. A mért mozgékony nátrium mennyiségéből a talajoldat és telítési kivonatokban mért oldható nátriumsók mennyiségét levonva, számítottuk a kicserélhető nátriumionok mennyiségét és a talaj kicserélhető nátriumszázalékát /3. táblázat/.

3. táblázat

Szolonyec talajszelvény kémiai tulajdonságai a talajoldat /A/ és a telítési kivonat /B/ elemzési adatai alapján

/1/ Mintavétel mélysége, cm	/2/ Nedves- ségtar- talm, %	SAR-érték		/3/ Mozgékony Na ⁺ , me/100 g	/4/ Kicserélhető Na ⁺		ESP*	
		A	B		A	B	A	B
10- 20	40,2	13,6	9,6	4,15	3,76	1,35	12,1	4,3
20- 40	34,7	47,3	14,4	12,80	10,80	10,20	27,6	26,1
40- 60	26,4	49,0	18,1	10,20	7,06	7,02	19,8	19,6
60- 80	21,2	59,7	41,0	12,20	8,64	5,30	24,4	15,0
80-100	20,9	55,3	45,6	10,05	6,30	2,50	18,8	7,4
100-120	27,2	68,0	45,2	10,90	5,60	2,70	20,4	9,9

* Számítva a talajoldat /A/, ill. a telítési kivonat /B/ adatainak figyelembevételével

4. táblázat

Két, különböző mértékben kilúgzott szolonyec talaj sótartalma, a kicserélhető Na-ionok relatív mennyisége és diszperzitási együtthatója

/1/ Szel- vény- szám	/2/ Gene- tikai szint	/3/ Minta- vétél mélysége, cm	/4/ Agyag- frakció /φ<1μm/, %	/5/ pH	/5/ Összes vízold- ható só, %	Na ⁺ , me/100 g	ESP	/6/ Diszperzi- zitási ko- efficiens
23.	A ₁	2- 12	31,5	6,8	0,14	0,20	3,50	5,8
	A ₂	15- 30	27,5	6,9	0,12	0,27	10,30	4,2
	B ₁	40- 60	45,1	7,7	0,24	0,70	21,20	9,3
	B ₂	70- 90	34,5	8,1	0,40	1,56	31,00	6,0
30.	A ₁	0- 10	40,0	6,9	0,20	0,17	3,00	29,0
	A ₂	12- 23	36,7	6,3	0,24	0,22	4,60	39,6
	B ₁	40- 60	42,2	6,5	0,11	0,32	10,20	41,0
	B ₂	70- 90	43,2	6,6	0,18	0,37	13,10	18,5

Négy szikes talaj esetében vizsgáltuk az elektromos vezetőképesség és a nátrium adszorpció arány értékét /2. ábra/.

Végül, két szolonyec szelvényből - melyek közül az egyik gyengén kilúgzott, nagy nátrium-telítettségű, a másik erősen kilúgzott, kis nátrium-telítettségű volt - meghatároztuk a mikroaggregátumok mennyiségét és a mechanikai összetételt, valamint ezek adataiból számoltuk az agyagfrakció diszperzitásának mértékét /4. táblázat/.

Valamely elektrolit oldat fajlagos elektromos vezetőképessége függ az oldatban levő elektromos töltéssel rendelkező részecskék mozgékonyaságától és koncentrációjától. Az elektromos töltéssel bíró részecskék koncentrációja közvetlen összefüggésben van az oldat összes sókoncentrációjával, de befolyásolják azt a sók kémiai összetétele és a részecskék közötti hosszú- és rövidtávú elektrosztatikai kölcsönhatások /DARAB et al., 1980/. Az elektrolit oldat mS/cm dimenzióban kifejezett elektromos vezetőképessége és me/l-ben megadott összes sókoncentrációja között lineáris összefüggés van:

$$C = a + b (EC) \quad /1/$$

ahol:

C = az oldat összes ionkoncentrációja, me/l;

EC = az oldat fajlagos elektromos vezetőképessége, mS/cm;

a és b = empirikus állandók.

Az oldat elektromos vezetőképessége és mg/l-ben kifejezett összes sókoncentrációja közötti összefüggés formailag azonos:

$$C_1 = A + B (EC) \quad /2/$$

ahol:

C_1 = az oldat sókoncentrációja, mg/l;

A és B = empirikus állandók, melyek numerikus értékei eltérnek az /1/ egyenlet a és b konstansainak numerikus értékeitől.

Az a , ill. A értékek a lineáris függvény torzultságát adják és a vizsgálat pontosságát befolyásoló szisztematikus hibák hatását tükrözik. A b érték az elektromos vezetőképesség és me/l-ben kifejezett összes sókoncentráció függvény iránytangense, értéke telítési talajkivonatok esetében közelítőleg 10. A /2/ egyenlettel kifejezett függvény B értéke ennek megfelelően az oldatban levő sók átlagos egyenértékűségének kb. tízszerese.

Az elektromos vezetőképesség /EC, mS/cm/ - összes sókoncentráció /TDS, mg/l/ összefüggés kb. 200, különböző elektromos vezetőképességgel /0,1-20 mS/cm/ bíró oldat /talajvizek, telítési és 1:5 arányú vizes talajkivonatok/ alapján történő elemzése és a hozzájuk tartozó regressziós függvények vizsgálata azt mutatta, hogy a karbonát-hidrokarbonátos oldatoknál a korreláció szoros, a torzítás nem szignifikáns. Az EC-TDS összefüggést leíró egyenes hajlásszöge 805 /1A. ábra/. Ez nagyobb, mint a kevert anionú oldatok esetében, ahol a függvény iránytangense 744. Az utóbbi esetben az elektromos vezetőképesség és összes sókoncentráció között a korreláció gyenge, a torzítás nagy /1B. ábra/. Az ábra tanúsága szerint a gyenge korrelációt egyes nagy sókoncentrációjú, de viszonylag kis vezetőképességű oldatok okozzák. Ezek az oldatok nagy szulfát-koncentrációjú, kalcium- és magnéziumsókat viszonylag nagy arányban tartalmazó telítési kivonatok. Amennyiben ezeket az adatokat figyelmen kívül hagyjuk és a korrelációs analízist újra elvégezzük, az EC-TDS függvény szoros korrelációt mutat, a torzítás csekély, az iránytangens pedig közel van az irodalomban telítési talajkivonatokra megadott értékhez /1C. ábra/. Elfogadva azt, hogy az elektromos vezetőképesség - összes sókoncentráció függvény iránytangense az oldatban levő sók átlagos

egyenértéksúlyának tízszerese, a mért vezetőképességi érték összes sókoncentrációra való átszámítása híg oldatoknál az anion összetételtől függően az $1/A$ és $1/C$. ábrák egyenleteinek segítségével elvégezhető. Azoknál a talajkivonatoknál, melyek szulfátos összetételűek voltak, az összes sókoncentráció $/mg/l/$ és fajlagos elektromos vezetőképesség $/mS/cm/$ hányadosainak középértéke igen nagy. Jóval meghaladja a Ca -, Mg - és Na_2SO_4 egyenértéksúlyainak tízszeresét, közel kétszerese az irodalomból ismert 640-es átszámítási faktornak, ill. az $1/C$. ábrán felírt függvény iránytangensének.

Egészen más képet kapunk akkor, ha figyelembe vesszük az ionok közötti hosszú és rövid hatótávolságú elektrosztatikai kölcsönhatásokat és számoljuk a szabad töltéssel bíró ionok aktivitását. Ebben az esetben az ionaktivitás - elektromos vezetőképesség hányadosainak átlagértéke jelentősen csökken és megközelíti az elméletileg várható értéket $/l$. táblázat/. A töményebb, vagy viszonylag sok kétvegyértékű iont tartalmazó elektrolit oldatok esetében tehát inkább az elektromos töltéssel rendelkező részecskék koncentrációja, mint az összes sók töménysége becsülhető az elektromos vezetőképességi értékekből. Ide tartoznak a szulfátos talajkivonatok, azok a kivonatok, melyek kalcium- és magnéziumionokat nagy relatív koncentrációban tartalmaznak és a $15-16 mS/cm$ -nél nagyobb vezetőképességű telítési kivonatok.

A szolonyec talajok egyik diagnosztikai mutatója a nátrium-telítettség értéke, melyet a kicserélhető nátriumionok és a kationkicserélő kapacitás $me/100 g$ dimenzióval kifejezett értékeiből számolnak és egyenérték százalékban adnak meg. A hazai szakirodalomban kicserélhető nátriumszázaléknak nevezik ezt az értéket és az angol nyelvű szakirodalomban ESP rövidítéssel jelölik. A kicserélhető nátriumionok mennyiségének és a kation adszorpciós kapacitás értékének meghatározása azonban különösen rutin sorozatvizsgálati módszerek alkalmazása esetén a szikesedés mértékétől és jellegétől függően számos hibaforrással terhelt $/DARAB$ és $RÉDLYNÉ$, 1977/.

Emiatt a diagnosztikai módszerek egyszerűsítésére, öntözött és szikes talajok gyakorlati célú vizsgálatainál a telítési talajkivonat nátrium-, kalcium- és magnéziumion-koncentrációjából számított és a Gapon-féle egyenletben szereplő nátrium adszorpciós arány $/SAR$ -érték/ segítségével becsülik a talaj nátriumion-telítettségét:

$$\frac{\text{Kicserélhető Na}}{\text{Kicserélhető (Ca+Mg)}} = K \sqrt{\frac{Na^+}{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad /3/$$

ahol: a kicserélhető kationok mennyiségét $me/100 g$, a telítési kivonat kationjainak koncentrációját me/l dimenziókkal adják meg.

A $\frac{\text{Kicserélhető Na}}{\text{Kicserélhető (Ca+Mg)}}$ viszonyt kicserélhető nátrium aránynak nevezik és ESR rövidítéssel jelölik.

A $\sqrt{\frac{Na^+}{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$ arányt nátrium adszorpciós aránynak nevezik és

SAR rövidítéssel jelölik. K = a kationcsere GAPON-féle állandója.

A rövidítéseket behelyettesítve a $/3/$ egyenlet felírható a következő formában:

$$ESR = K \cdot SAR \quad /4/$$

továbbá:

$$ESP = \frac{100 (K \cdot SAR)}{(K \cdot SAR)} \quad /5/$$

Az /5/ egyenlet alkalmazásának előfeltétele, hogy a K értéke állandó legyen.

A különböző mértékben kilúgzott szolonyec talajok mozgékony, kicserélhető és oldható nátriumion-készletei /2. táblázat/ azt mutatják, hogy a lecsapoló csatorna szerepét betöltő Körös-Holtágtól távolodva, viszonylag kis távolságon belül, a szelvény kilúgzottságának mértéke jelentősen csökkent. A telítési kivonat SAR-értéke és ezzel együtt a talaj nátrium-telítettsége nőtt, és fordítva, ahol a szolonyec talaj kilúgzottabb volt, nemcsak a telítési kivonat nátrium adszorpciós aránya, hanem a talaj nátrium-telítettsége is kisebb volt, mint a kevésbé kilúgzott talajoknál. A kicserélhető és oldható nátriumionok mennyiségének aránya pedig azt mutatja, hogy az adszorbens szelektivitása a nátriumionokkal szemben változott az oldat koncentrációjától és a talaj nátrium-telítettségétől függően /2. táblázat/. Abban az esetben tehát, ha a kationcsere kicserélődési együtthatóját állandónak vesszük, a /4/ és /5/ egyenletekben csupán egy igen jelentős szórást mutató átlagértékkel számolunk. Figyelembe kell továbbá vennünk azt, hogy a telítési kivonat összetétele csak közelítőleg, esetenként eltérő pontossággal tükrözi a talajoldat kémiai összetételét /3. táblázat/. A különbség oka, hogy a telítési kivonat készítésénél nagyobb az egységnyi súlyú talajhoz adagolt víz mennyisége, mint amennyi a természetes nedvességtartalmú talaj-oldat aránya. A telítési kivonat tehát összes sókoncentrációját tekintve hígabb, mint a talajoldat, összetétele pedig tükrözi azokat a változásokat, melyeket az oldat hígulása, a kicserélhető nátrium hidrolízise, a szervesetlen sók oldhatóságának és az ionok aktivitásának megváltozása okoz /3. táblázat/.

Ezekkel az okokkal is magyarázható, hogy a nagyszámú vizsgálati adat statisztikai analizisével kapott ESR-SAR függvény torzított /RICHARDS, 1954/ és a talaj kicserélhető Na %-a a következő empirikus összefüggéssel számítható:

$$ESP = \frac{100 (a+b \cdot SAR)}{1 + (a+b \cdot SAR)} \quad /6/$$

ahol $a = -0,0126$, $b = 0,01475$, ha a kicserélhető nátriumionok mennyiségét és a kation adszorpciós kapacitás értékét ammónium-acetátos módszerrel határozzuk meg és az SAR-értéket a telítési kivonatban mért Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ionkoncentrációkból számítjuk. Adott szelvényeknél az állandók értékei a fenti átlagértékektől lényegesen eltérhetnek.

A talaj lúgosságát a telítési kivonat és/vagy az 1:2,5 talaj-víz arányú szuszpenzió pH-jával jellemezhetjük. Szolonyec talajokban a pH széles tartományban változhat: pl. a kilúgzási A-szintben és/vagy a felhalmozódási szint tetején a pH semleges, gyakran gyengén savanyú. Ez utóbbi szologyosodási folyamatok jelenlétére utal. A felhalmozódási szint pH-ja is különböző. A sók kémiai összetételétől és a talaj nátrium-telítettségétől függően a talaj a lúgosság szempontjából lehet:

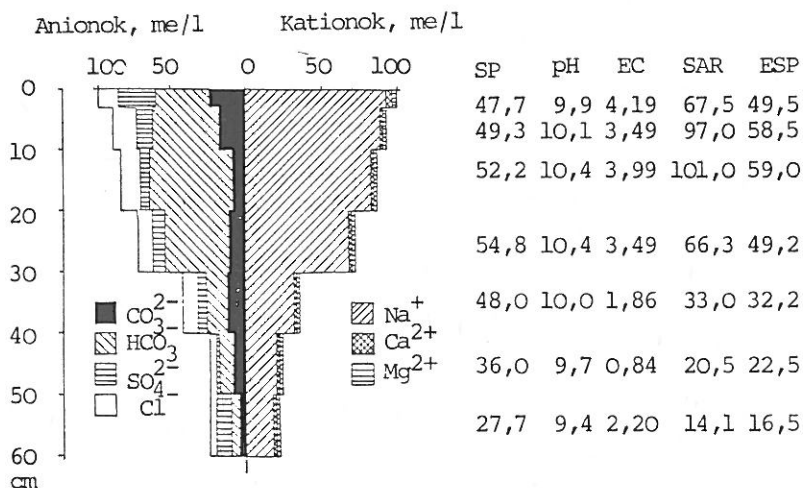
a/ gyengén lúgos, a pH-értéke 7,1-8,3 közötti, ha nátrium-telítettsége kicsi, a benne levő vízdoldható sók semleges vagy gyengén savas kémhatással disszociálnak;

b/ mérsékelten lúgos, a pH-érték 8,3-9,2 közötti, ha a nátrium-telítettség mérsékelt, szabad szóda mérhető koncentrációban fordul elő;

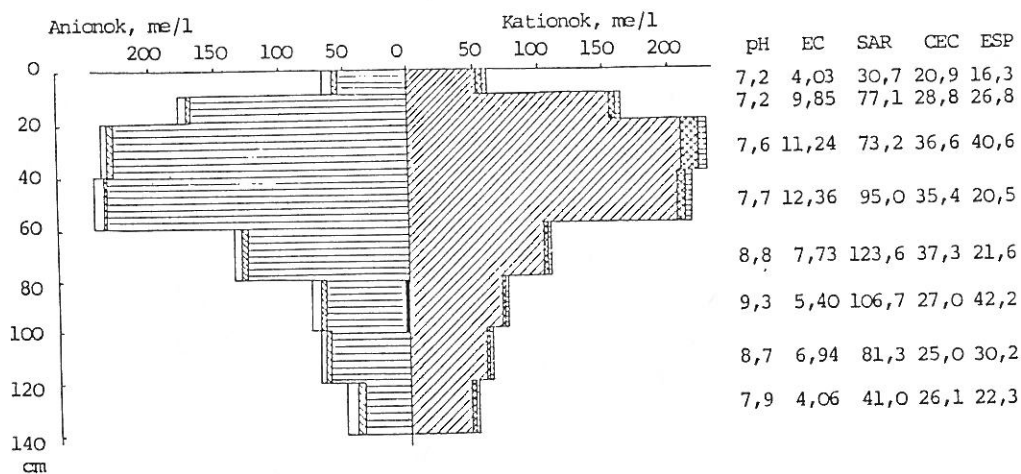
c/ erősen lúgos, pH-értéke 9,2 fölött van, ha nátrium-telítettsége nagy és/vagy a lúgosan hidrolizáló sók az adott talajnedvesség mellett oldódó sóknak több, mint a felét teszik ki.

A bemutatott négy szikes szelvény vizsgálati adatai alátámasztják az előbbieken felsorolt kémiai mutatók együttes használatának indokoltságát a szikes talajszelvények vizsgálatánál /2. ábra/. A szódás szoloncsák szelvény erősen lúgos pH-értéke, nagy nátrium-telítettsége, a szelvényben a telítési kivonat felszínétől lefelé csökkenő elektromos vezetőképessége jelzi

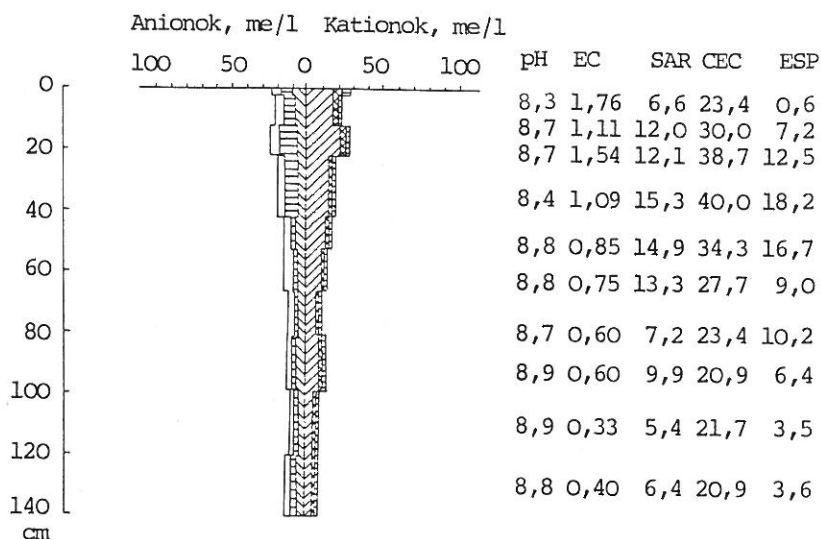
A



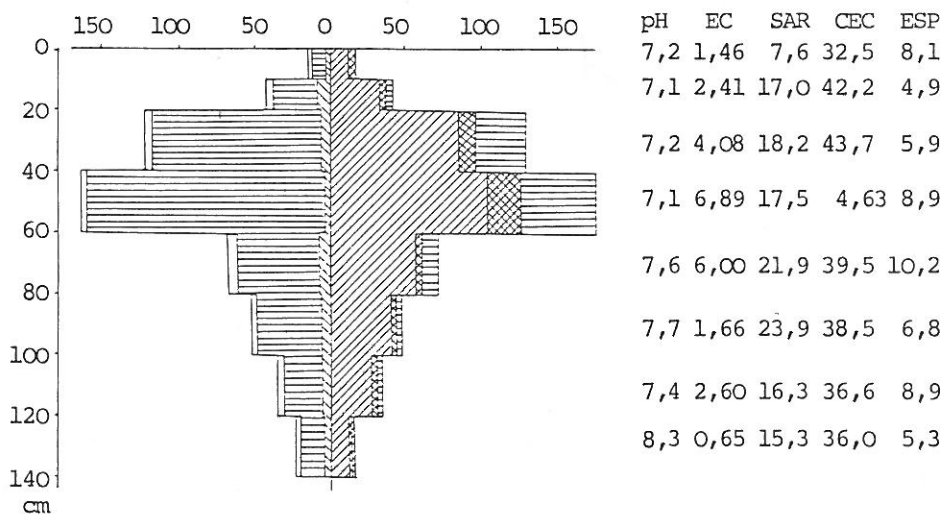
B



C



D



2. ábra

Különböző típusú szikes talajok kémiai tulajdonságai. A. Nagy nátrium-telítettségű és erősen lúgos, szerkezetes B-szint nélküli szódás szoloncsák. B. Kérges réti szolonyec, nagy sótartalommal és nátrium-telítettséggel a szerkezetes felhalmozódási szintben. C. Réti szolonyec kis sótartalommal és közepes nátrium-telítettséggel a szerkezetes felhalmozódási szintben. D. Réti szolonyec kis nátrium-telítettséggel és közepes sótartalommal a szerkezetes felhalmozódási szintben. SP: telítési %; EC: telítési kivonat elektromos vezetőképessége, mS/cm; SAR: telítési kivonat nátrium adszorpciós aránya; ESP: kicserélhető Na-%; ESP_{SZ}: számított ESP-érték; CEC: kationkicserélő kapacitás, me/100 g

a talaj szódás szikesedését. A sók eloszlása és a szerkezetes B-szint hiánya indokolja, hogy a talajt nagy nátrium-telítettségére ellenére szódás szoloncsákként osztályozzuk /2A. ábra/. A szolonyec szelvények pH-értéke, elektromos vezetőképessége és nátrium-telítettségé igen eltérő.

A kerges réti szolonyekek szerkezetes B-szintjének nátrium-telítettségéje jelentős. Ennek megfelelően nagy a telítési kivonat SAR-értéke és elektromos vezetőképessége is, a sókoncentráció és nátrium-telítettség értékének változását azonban csak minőségileg jelzik. Az A- és B-szintek gyengén lúgosak, s csupán a B₂-szinttől lefelé válik a talaj közepesen lúgossá /2B. ábra/. Az erősen kilúgzott, a felszíntől közepesen lúgos, a szerkezetes B-szintben 9-18 %-os /közepes/ nátrium-telítettségű, kis sótartalmú szolonyec talaj kémiai tulajdonságait az 1:2,5 arányú talajszuszpenzió pH-értéke, a telítési talajkivonat elektromos vezetőképessége és nátrium adszorpciós aránya jellemzi /2C. ábra/.

A negyedik szelvény morfológiája szerint mély szolonyec. A telítési kivonat kémiai összetétele alapján szulfátos. A B₁-szintben jelentős a kalcium- és magnézium-szulfátok aránya. Ennek megfelelően elektromos vezetőképessége és a sókoncentráció közötti összefüggés változik a sók minőségétől függően. Így 40-60 cm között, ahol a Ca-, Mg-szulfát felhalmozódás maximuma van, 175 me/l összes sókoncentráció mellett az elektromos vezetőképesség értéke 6,9 mS/cm. A következő 60-80 cm-es rétegben a 70 me/l koncentrációjú, de Na₂SO₄-os összetételű telítési kivonat elektromos vezetőképessége 6 mS/cm. A nátrium adszorpciós arány értéke a B₁-szintben 17,5-24. Ennek ellenére a nátrium-telítettség maximális értéke 8,9-10,0 %, ami minden valószínűség szerint a kalcium- és magnézium-szulfát jelenlétére, szelvényen belüli mozgására és relatív mennyiségének változó értékére vezethető vissza /2D. ábra/. Nem, vagy gyengén lúgos kémhatású, kis nátrium-telítettségű, kilúgzott szolonyekek esetében a szerkezetes B-szintben az agyagfrakció nagy diszperziótása jelzi a talaj szikes voltát /4. táblázat/.

Összefoglalás

A szolonyec talajok kémiai tulajdonságai a talaj sótartalmával, nátrium-ion-telítettségével és a felhalmozódási szint pH-értékével jellemezhetők.

A talaj sótartalmának jellemzésére a telítési paszta, a pasztából le választott vizes telítési talajkivonat, vagy az 1:5 vizes kivonat mS/cm dimenzióban kifejezett fajlagos elektromos vezetőképessége használható. A vezetőképességi adatok értékelésénél figyelembe kell venni az elektrolit oldat összes koncentrációját és kémiai összetételét:

- karbonát-hidrokarbonátos oldatok, ahol a karbonát-hidrokarbonát sók az oldatban levő összes só 50 %-át meghaladja;
- kevert anion összetételű oldatok, ahol a klorid- és szulfátionok együttes részaránya több, mint 50 %;
- szulfátos összetételű oldatok, ahol a szulfátionok részaránya több, mint 50 %.

Az összes oldott só /TDS, mg/l/ - elektromos vezetőképesség /EC, mS/cm/ összefüggés iránytangense a karbonát-hidrokarbonátos kivonatoknál nagyobb, mint a kevert anion összetételű oldatoknál /805, ill. 662/. A torzítás egyik esetben sem volt szignifikáns, a korreláció szoros mind a két csoportnál. A szulfátos telítési kivonatoknál, különösen, ha azok kalcium- és magnézium-ionokat is tartalmaznak, a vezetőképesség és összes sókoncentráció közötti

összefüggés rossz, a vezetőképesség nem nő arányosan az összes sókoncentráció növekedésével. Ilyen esetekben az elektromos vezetőképesség értékéből inkább a töltéssel rendelkező részecskék koncentrációja és nem az összes sókoncentráció becsülhető.

A telítési kivonat nátrium adszorpciós arányának /SAR-értékének/ növekedésével nő a talaj Na-telítettsége. A SAR-érték tehát felhasználható a talaj Na-telítettségi értékének jelzésére. A nátrium adszorpciós arányból számított kicserélhető Na-% megbízhatóságát befolyásolja az, hogy a kationcsere szelektivitási koefficiensének számszerű értéke függ a talajoldat összes sókoncentrációjától és a talaj Na-telítettségétől.

A szolonyec talajok elválasztása morfológiai tulajdonságaik alapján történik. Kémiai tulajdonságaik igen eltérőek lehetnek és kilúgzottságuktól függően eltérő sótartalommal, B-szintjükben különböző pH-értékkel és Na-telítettséggel rendelkezhetnek.

Nem, vagy gyengén lúgos kémhatású, kis Na-telítettségű, kilúgzott szolonyecok esetében a B-szint agyagfrakciójának nagy diszperzitása jelzi a talaj szikes voltát.

Irodalom

- BOWER, C. A., 1969. Origin, properties and amelioration of sodic soils. *Agrokémia és Talajtan.* 18. Suppl. 69-73.
- BURINCH, P., 1969. Sodic vertisols in Central Sudan. *Agrokémia és Talajtan.* 18. Suppl. 100-103.
- DARAB, K., 1974. Studies on Ca-Na exchange in model systems. *Trans. 10th Int. Cong. Soil Sci.* 2. 392-399.
- DARAB, K., 1980. Magnesium in solonetz soil. *Proc. Int. Symp. Salt-Affected Soils.* 18-21. Febr. 1980, Karnal, India. 92-101. CSSRI, Karnal.
- DARAB K. és FERENCZ K., 1969. Öntözött területek üzemi talajterképezése. *Genetikus talajterképek. Ser. 1. No. 10. OMMI. Budapest.*
- DARAB K., CSILLAG J. és PINTÉR J., 1977. Elektrolitok szerkezetének vizsgálata modell oldatokban és talajkivonatokban. *Agrokémia és Talajtan.* 26. 219-250.
- DARAB, K., CSILLAG, J. and PINTÉR J., 1980. Studies on the ion composition of salt solutions and of saturation extracts of salt-affected soils. *Geoderma.* 23. 95-111.
- DARAB K. és RÉDLY L-né, 1967. Kalcium-nátrium kicserélődési adszorpciójának vizsgálata, különös tekintettel a szikes talajok tulajdonságaira. I. *Agrokémia és Talajtan.* 16. 575-594.
- DARAB K. és RÉDLY L-né, 1977. A kationkicserélő kapacitás és a kicserélhető kationok meghatározása szikes talajokban. *Agrokémia és Talajtan.* 26. 123-161.
- GEDROIC, K. K., 1922. *Ucsenie o poglotitelnoj szposzobnoszti pocsv.* Izd. N. K. Z. Moszkva-Leningrád.
- KELLEY, W. P., 1948. *Alkali soils.* Reinhold. New York.
- RICHARDS, L. A. /Ed./, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.* U.S. Dept. Agric. Handbook No. 60. USDA. Washington, D. C.
- SZABOLCS I., 1954. *A Hortobágy talajai.* Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- SZABOLCS, I., 1969. The influence of sodium carbonate on soil forming processes and on soil properties. *Agrokémia és Talajtan.* 18. Suppl. 37-68.

- SZABOLCS I., 1974. Salt affected soils in Europe. Martinus Nijhoff - Hague and Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- SZABOLCS I., 1979. Review on research of salt affected soils. Natural Resources Res. XV. UNESCO. Paris.
- SZABOLCS I. és DARAB K., 1955. Az oldható sók dinamikája öntözött talajokor Agrokémia és Talajtan. 4. 251-263.

Érkezett: 1988. március 10.

The Methods of Investigation and Evaluation of the Chemical Properties of Salt Affected Soils

K. DARAB and M. RÉDLY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The chemical properties of solonetz soils can be characterized by the electrical conductivity of either the saturation extract or the 1:5 soil-water extract, by the sodium saturation of the soil and the pH value of the illuvial horizon.

Converting specific electrical conductivity /EC/ values of soil extracts to salt concentrations, the expected concentration and chemical composition of the electrolyte solution have to be taken into consideration. The chemistry of salinization was taken into account evaluating the electrical conductivity data. They were distinguished into

- carbonatic-hydrocarbonatic solutions, where the carbonates and bicarbonates are more than 50 equivalent percentage of the anions in the solution;
- solutions with mixed anion composition of salts, where the equivalent ratio of chlorides and sulphates is more than 50 percentage.

The EC /ms/cm/ - TDS /mg/l/ function was steeper in the case of carbonatic-hydrocarbonatic solutions than it was in the case of solutions with mixed anionic composition of salts /Fig. 1A and 1C/. The slope of the straight lines was 805 and 662, respectively. That is, the same electrical Conductivity corresponds to higher salt concentration in carbonatic-hydrocarbonatic solutions, than in the case of solution with mixed anionic composition. The correlation was good for both functions, the coefficients of determination are: 0,877 and 0,964.

The EC-TDS correlation is poor in the case of saturation extracts with sulphatic anion composition, EC does not increase proportionally with the total salt concentration. The average value of the TDS/EC ratio is 1198 /Table 1/. This value decreases to 698 if we calculate with the concentration of the electrically charged species instead of the total salt concentration.

The ratio of the exchangeable and soluble sodium content increased with increasing degree of leaching, in a 500 m long cross-section of solonetz soil leached to different degrees /Table 2/. The shift of the ratios reflects the dependence of the numerical value of the selectivity coefficient of the cation exchange on the total salt concentration of the soil solution and the sodicity of the soil.

SAR values measured in the soil solutions and in soil saturation extracts of a solonetz soil profile were compared. The amount of exchangeable sodium ions and the sodium saturation of the soil were calculated from the amount of mobile sodium with taking into account the sodium concentration of the soil solution and the saturation extract /Table 3/. The SAR values both of the saturation extract and of the soil solution show the increase of sodium saturation based on the SAR value is only approximate because:

- Not only the total salt concentration, but also the chemical composition of the saturation extract differs from the concentration and chemical composition of the soil solution;

- Taking the selectivity coefficient of the cation exchange as constant, the calculation is carried out with an average value having high variation.

Solonetz soils can be very different in their chemistry. Their salt content, the degree of sodium saturation and pH of the horizon of accumulation can vary /Fig. 2/. That is the reason why their classification is based on morphological properties.

In leached solonetz soils without, or with slight alkalinity and low sodium saturation, the high dispersity of the clay fraction of the B-horizon reflects the solonetz character of the soil.

Table 1. Average equivalent weight of salts with mixed anionic composition /calculated from soil saturation extract data/. /1/ No. of saturation extracts. /2/ Range of electrical conductivity /mS/cm/. /3/ Dominating anion. /4/ TDS-EC /total dissolved salt - electrical conductivity/ relationship. a/ TDS^{1/}: total dissolved salts calculated from analytical ion-concentrations. b/ TDS^{2/}: total dissolved salts calculated from the concentration of electrically charged species.

Table 2. Weighted means of mobile, exchangeable and dissolved sodium in solonetz soils having different drainage conditions. /1/ Soil type. a/ Solonetzic meadow soil; b/ Middle meadow solonetz; c/ Shallow meadow solonetz; d/ Middle meadow solonetz. /2/ No. of profile. /3/ Altitude above sea level, m. /4/ Distance from the river, m. /5/ Depth of salt accumulation, cm. /6/ Maximum salt concentration of the saturation extract, me/l. Weighted mean of the /7/ mobile; /8/ exchangeable and /9/ dissolved sodium, me/100 g. /10/ Exchangeable Na⁺/Soluble Na⁺.

Table 3. Chemical properties of a solonetz profile based on the analytical data of the soil solution /A/ and the saturation extract /B/. /1/ Depth of sampling, cm. /2/ Moisture content, %. /3/ Mobile Na⁺, me/100 g. /4/ Exchangeable Na⁺. * Calculated, taking into account the data of the soil solution /A/, and saturation extract /B/.

Table 4. The salt content, ESP value and the dispersion coefficient of two solonetz soils leached to different degrees. /1/ No. of profile. /2/ Genetic horizon. /3/ Depth of sampling, cm. /4/ Clay fraction, %. /5/ Total water soluble salt content, %. /6/ Dispersion coefficient.

Fig. 1. EC-TDS functions of solutions with different concentrations and chemical compositions. A. Carbonatic-hydrocarbonatic solutions. B. Salt solutions with mixed anion composition. C. Groundwaters and 1:5 soil-water extracts with mixed anion composition. Horizontal axis: Electrical conductivity, /EC/, mS/cm. Vertical axis: Total dissolved salts /TDS/, mg/l.

Fig. 2. Chemical properties of different types of salt affected soils. A. Soda solonchak soil without structural B horizon and with high sodicity and alkalinity. B. Shallow meadow solonetz with high salinity and sodicity in the structural accumulation horizon. C. Meadow solonetz with low salinity and medium sodicity in the structural accumulation horizon. D. Meadow solonetz with low sodicity and moderate salinity in the structural accumulation horizon. SP: saturation percentage; EC: electrical conductivity of the saturation extract, mS/cm; SAR: sodium adsorption ratio; ESP: exchangeable Na%; ESP_{sz}: calculated ESP value; CEC: cation exchange capacity, me/100 g.